



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
27.11.2019 Bulletin 2019/48

(51) Int Cl.:
B29C 65/36 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19169389.4**

(22) Date de dépôt: **16.04.2019**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **MURILLO, Richard**
31060 TOULOUSE Cedex 9 (FR)
• **MEYER, Amaury**
31060 TOULOUSE Cedex 9 (FR)

(74) Mandataire: **Gicquel, Olivier Yves Gérard**
Airbus Opérations (S.A.S)
XIF - M0101/1
316, route de Bayonne
31060 Toulouse Cedex (FR)

(30) Priorité: **24.05.2018 FR 1854396**

(71) Demandeur: **Airbus Operations S.A.S.**
31060 Toulouse (FR)

(54) **PROCEDE D'ASSEMBLAGE PAR SOUDAGE D'AU MOINS DEUX PIECES EN MATERIAU COMPOSITE**

(57) L'invention a pour objet un procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces (20, 22) en matériau composite qui comprend :

- une étape de positionnement d'au moins un pli de jonction (38) de fibres intercalé entre les surfaces de contact (20.1, 22.1) des deux pièces (20, 22) et/ou positionné au niveau d'au moins une surface de contact des deux pièces (20, 22), chaque pli de jonction (38) présentant des fibres unidirectionnelles, orientées selon une direction différente des directions des fibres d'au moins les plis de

fibres des deux pièces (20, 22) proches des surfaces de contact (20.1, 22.1),

- une étape de génération d'un courant électrique induit selon une direction approximativement parallèle à la direction des fibres de chaque pli de jonction (38).

Ce procédé permet de concentrer un échauffement au niveau des surfaces de contact (20.1, 22.1). L'invention a également pour objet un assemblage d'au moins deux pièces en matériau composite en mettant en oeuvre ledit procédé.

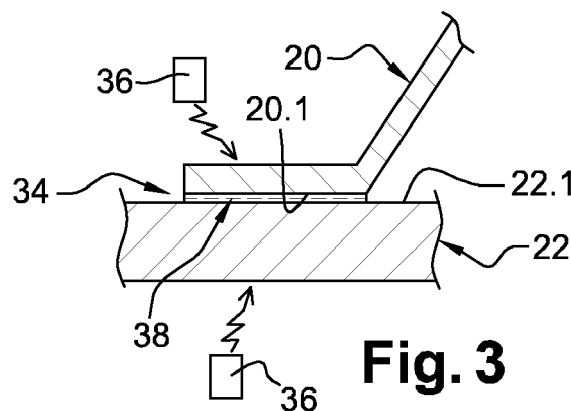


Fig. 3

Description

[0001] La présente demande se rapporte à un procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces en matériau composite ainsi qu'à un assemblage de pièces en matériau composite ainsi obtenu.

Une pièce en matériau composite comprend des fibres de renfort noyées dans une matrice. Selon une configuration, une pièce en matériau composite comprend plusieurs plis de fibres de carbone superposés et noyés dans une résine thermoplastique.

Pour chacun des plis, les fibres sont unidirectionnelles et orientées selon une direction.

Selon un mode de réalisation visible sur la figure 1, un assemblage de deux pièces 10, 12 en matériau composite comprend au moins une interface 14 présentant une première surface de contact F10 de la première pièce 10 reliée à une deuxième surface de contact F12 de la deuxième pièce 12.

Selon un mode opératoire, un champ électromagnétique, créé dans l'environnement de l'interface 14, produit un courant électrique induit qui engendre un échauffement. Ce dernier provoque une soudure reliant les première et deuxième surfaces de contact F10, F12 des deux pièces. Pour éviter d'endommager les plis des pièces 10 et 12 avoisinant l'interface 14 et ne pas générer de contraintes internes importantes dans les pièces 10 et 12, il est nécessaire de concentrer l'échauffement au niveau de l'interface 14.

Selon un premier mode opératoire visible sur la figure 1, une couche 16, également appelée susceptible, présentant une conductivité supérieure à celle des fibres de carbone, est interposée entre les première et deuxième surfaces de contact F10, F12. A titre d'exemple, la couche 16 est une grille en cuivre.

Ce premier mode opératoire n'est pas pleinement satisfaisant car la présence de la couche 16 tend à réduire les caractéristiques mécaniques de la liaison entre les pièces 10 et 12 en matériau composite. Par ailleurs, la couche 16 conduit à augmenter la masse embarquée alors qu'elle n'a aucune fonctionnalité post-assemblage, hormis la concentration de l'échauffement lors de l'assemblage.

Selon un deuxième mode opératoire, les surfaces extérieures des pièces 10 et 12 sont refroidies afin d'éviter un échauffement excessif en dehors d'une zone de l'assemblage centrée par rapport aux surfaces extérieures. Toutefois, en fonction des épaisseurs des pièces 10 et 12, l'interface 14 peut être décalée par rapport à cette zone centrée par rapport aux surfaces extérieures, comme illustré sur la figure 1. Par conséquent, ce deuxième mode opératoire impose des contraintes dimensionnelle et géométrique importantes sur les pièces 10 et 12.

[0002] La demande de brevet US2003062118 décrit les caractéristiques indiquées dans le préambule de la revendication 1

[0003] La présente invention vise à remédier aux inconvénients de l'art antérieur.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'assemblage tel que revendiqué dans la revendication 1. Ce procédé permet d'obtenir une concentration de l'échauffement au niveau de l'interface, même si l'interface n'est pas positionnée centrée par rapport aux surfaces extérieures de l'assemblage, sans avoir besoin d'intercaler entre les pièces une couche dédiée exclusivement à la concentration de l'échauffement. Selon un autre avantage, le (ou les) pli(s) de jonction contribue(nt) aux caractéristiques mécaniques de l'assemblage et ont une fonctionnalité post-assemblage.

[0004] Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les figures jointes, parmi lesquels :

- La figure 1 est une coupe d'un assemblage de deux pièces en matériau composite qui illustre un mode de réalisation de l'art antérieur,
- La figure 2 est une vue en perspective d'un exemple d'assemblage de deux pièces en matériau composite,
- La figure 3 est une coupe d'un assemblage de deux pièces en matériau composite qui illustre un premier mode de réalisation de l'invention,
- La figure 4 est une coupe d'un assemblage de deux pièces en matériau composite qui illustre un deuxième mode de réalisation de l'invention, avant l'assemblage,
- La figure 5A est une vue avec des arrachements partiels d'une première surface de contact d'une première pièce de l'assemblage visible sur la figure 4,
- La figure 5B est une vue d'un pli de jonction de l'assemblage visible sur la figure 4, et
- La figure 5C est une vue avec des arrachements partiels d'une deuxième surface de contact d'une deuxième pièce de l'assemblage visible sur la figure 4.

Sur les figures 2 à 4, on a représenté un assemblage de deux pièces 20 et 22 en matériau composite.

A titre d'exemple, comme illustré sur la figure 2, la pièce 20 est un renfort 24 avec une section transversale en oméga et la pièce 22 est un panneau 26.

Le renfort 24 présente une partie centrale 28 et des première et deuxième ailes 30, 30', disposées de part et d'autre de la partie centrale 28, reliées au panneau 26. Le renfort 24 est délimité par des bords latéraux 32, 32'. Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à ce type d'assemblage.

Quel que soit le mode de réalisation, l'assemblage comprend une première pièce 20 comportant au moins une première surface de contact 20.1, une deuxième pièce 22 comportant au moins une deuxième surface de contact 22.1 et au moins une interface 34 au niveau de laquelle les première et deuxième surfaces de contact 20.1, 22.1 sont reliées, comme illustré sur les figures 3

et 4.

[0005] Chaque pièce 20, 22 en matériau composite comprend plusieurs plis de fibres de renfort superposés et noyés dans une matrice.

Selon un mode de réalisation, les fibres de renfort sont des fibres de carbone noyées dans une résine thermoplastique.

Pour chacun des plis, les fibres sont unidirectionnelles et orientées selon une direction formant un angle donné avec une direction de référence.

Pour chacune des première et deuxième pièces 20, 22, le nombre de plis et l'orientation de leurs fibres sont déterminés en fonction des caractéristiques mécaniques souhaitées pour les première et deuxième pièces 20, 22. La première pièce 20 comprend des plis superposés, avec chacun des fibres unidirectionnelles, les différents plis de la première pièce 20 présentant des fibres orientées selon un premier jeu de directions. La deuxième pièce 22 comprend des plis superposés, avec chacun des fibres unidirectionnelles, les différents plis de la deuxième pièce 22 présentant des fibres orientées selon un deuxième jeu de directions.

Chaque jeu comprend plusieurs directions, les fibres formant pour chacune des directions un angle donné avec la direction de référence. Le premier jeu de la première pièce 20 peut comprendre des directions différentes de celles du deuxième jeu de la deuxième pièce 22.

Pour chaque jeu, les fibres des première et deuxième pièces 20, 22 forment avec la direction de référence un angle de l'ordre de 0°, 45°, 90° ou 135°.

Les première et deuxième surfaces de contact 20.1, 22.1 sont reliées par une soudure en générant un échauffement grâce à un courant électrique induit.

A cet effet, le procédé d'assemblage comprend une étape de génération d'un courant électrique induit au niveau de l'interface 34 grâce à un générateur de champ électromagnétique 36.

Selon une caractéristique de l'invention, l'interface 34 comprend au moins un pli de jonction 38 de fibres conductrices intercalé entre la première surface de contact 20.1 de la première pièce 20 et la deuxième surface de contact 22.1 de la deuxième pièce 22 et/ou positionné au niveau d'au moins une surface de contact parmi les première et deuxième surfaces de contact 20.1, 22.1.

Par fibre conductrice, on entend que les fibres du pli de jonction 38 ont la capacité à véhiculer un courant électrique et donc à générer un échauffement par effet joule. Lorsque l'interface 34 comprend plusieurs plis de jonction 38, ces différents plis de jonction 38 présentent des fibres orientées toutes selon la même direction. Les fibres de chaque pli de jonction 38 sont dans un même matériau que les fibres des plis des première et deuxième pièces 20, 22.

Chaque pli de jonction 38 comprend des fibres unidirectionnelles orientées selon une direction différente des directions des fibres d'au moins les plis de fibres des première et deuxième pièces 20, 22 proches des première et deuxième surfaces de contact 20.1 et 22.1. Par

proche, on entend les dix premières couches des première et deuxième pièces 20, 22 à partir des première et deuxième surfaces de contact 20.1, 22.1.

Selon une configuration, les fibres de chaque pli de jonction 38 sont orientées selon une direction différente de toutes les directions des fibres des plis de fibres des première et deuxième pièces 20, 22. A titre d'exemple, les fibres de chaque pli de jonction 38 forment un angle de l'ordre de 22,5°, 67,5°, 112,5° ou 157,5° avec la direction de référence.

Le générateur de champ électromagnétique 36 est configuré pour générer un courant électrique induit selon une direction approximativement parallèle à la direction des fibres de chaque pli de jonction 38.

Par conséquent, compte tenu de l'orientation des fibres du (ou des) pli(s) de jonction 38 et de l'orientation du courant induit produit par le générateur de champ électromagnétique 36, l'échauffement généré par le courant induit va être essentiellement produit au niveau du (ou des) pli(s) de jonction 38. Cet agencement permet d'obtenir une concentration de l'échauffement au niveau de l'interface 34. Selon un autre avantage, ce (ou ces) pli(s) de jonction 38 contribue(nt) aux propriétés structurelles de l'assemblage.

Selon une autre caractéristique, les fibres d'au moins un des plis de jonction 38 sont imprégnées d'une résine. En complément, lors de la soudure, les première et deuxième pièces 20 et 22 sont soumises à des efforts de compression visant à plaquer les première et deuxième surfaces de contact 20.1, 20.2.

Ainsi, lors de la soudure, l'échauffement va ramollir ou déconsolider la résine qui va fluer grâce aux efforts de compression et remplir les éventuels interstices présents entre les première et deuxième pièces 20, 22. Cet agencement contribue à réduire la porosité de l'assemblage. Selon un mode de réalisation, les fibres du ou des pli(s) de jonction sont dans le même matériau que les fibres des première et deuxième pièces 20 et 22. Selon un mode de réalisation, les fibres du ou des pli(s) de jonction sont en carbone. Ainsi, contrairement à l'art antérieur, le (ou les) pli(s) de jonction 38 contribue(nt) aux caractéristiques mécaniques de l'assemblage et ont une fonctionnalité post-assemblage.

Lorsque les fibres du (ou des) pli(s) de jonction 38 sont imprégnées de résine, elles le sont avec une résine thermoplastique de même nature que celle d'au moins une des première et deuxième pièces 20, 22.

Selon un premier mode de réalisation visible sur la figure 3, l'interface 34 comprend un unique pli de jonction 38 intercalé entre les première et deuxième surfaces de contact 20.1, 22.1 des première et deuxième pièces 20 et 22. Selon un autre mode de réalisation visible sur la figure 4, 5A à 5C, l'interface 34 comprend un premier pli de jonction 38 intercalé entre les première et deuxième surfaces de contact 20.1, 22.1 des première et deuxième pièces 20 et 22 (visible sur la figure 5B), un deuxième pli de jonction 38' positionné au niveau de la première surface de contact 20.1 de la première pièce 20 et un troi-

sième pli de jonction 38" positionné au niveau de la deuxième surface de contact 22.1 de la deuxième pièce 22. Les fibres des différents plis de jonction 38, 38', 38" forment toutes un angle α avec la direction longitudinale. Sur la figure 5A, on a représenté les trois premiers plis de la première pièce 20 à partir de la première surface de contact 20.1, à savoir le deuxième pli de jonction 38', un premier pli 40 présentant des fibres orientées selon une première direction différente de celle des fibres du deuxième pli de jonction 38' et un deuxième pli 42 présentant des fibres orientées selon une deuxième direction différente de celle des fibres du deuxième pli de jonction 38'.

Sur la figure 5C, on a représenté les trois premiers plis de la deuxième pièce 22 à partir de la deuxième surface de contact 22.1, à savoir le troisième pli de jonction 38", un troisième pli 44 présentant des fibres orientées selon une troisième direction différente de celle des fibres du troisième pli de jonction 38" et un quatrième pli 46 présentant des fibres orientées selon une quatrième direction différente de celle des fibres du troisième pli de jonction 38".

Selon un autre mode de réalisation, l'interface 34 comprend un premier pli de jonction 38 intercalé entre les première et deuxième surfaces de contact 20.1, 22.1 des première et deuxième pièces 20 et 22 ainsi qu'un deuxième pli de jonction 38' ou 38" positionné au niveau seulement de l'une des deux surfaces de contact 20.1, 22.2. Selon un autre mode de réalisation, l'interface 34 ne comprend pas de pli de jonction 38 intercalé entre les première et deuxième surfaces de contact 20.1, 22.2 des première et deuxième pièces 20, 22. L'interface 34 comprend un pli de jonction 38' positionné au niveau de la première surface de contact 20.1 de la première pièce 20 et/ou un pli de jonction 38" positionné au niveau de la deuxième surface de contact 22.1 de la deuxième pièce 22.

Selon un premier mode opératoire, au moins un pli de jonction 38, 38', 38" est positionné juste avant l'étape de génération du courant électrique induit.

Selon une autre mode opératoire, au moins un pli de jonction 38', 38" positionné au niveau d'une surface de contact 20.1 ou 22.2 est intégré à la pièce 20, 22 avant une étape de consolidation de ladite pièce 20, 22.

Revendications

1. Procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces (20, 22) en matériau composite, l'assemblage comprenant une première pièce (20) comportant au moins une première surface de contact (20.1), une deuxième pièce (22) comportant au moins une deuxième surface de contact (22.1) et au moins une interface (34) au niveau de laquelle les première et deuxième surfaces de contact (20.1, 22.1) sont reliées, chaque pièce (20, 22) en matériau composite comportant plusieurs plis de fibres super-

posés et noyés dans une matrice, le procédé comprenant une étape de génération d'un courant électrique induit, **caractérisé en ce que** le procédé d'assemblage comprend une étape de positionnement d'au moins un pli de jonction (38) de fibres conductrices intercalé entre la première surface de contact (20.1) de la première pièce (20) et la deuxième surface de contact (22.1) de la deuxième pièce (22) et/ou positionné au niveau d'au moins une surface de contact parmi les première et deuxième surfaces de contact (20.1, 22.1), chaque pli de jonction (38) présentant des fibres unidirectionnelles, orientées selon une direction différente des directions des fibres d'au moins les plis de fibres des première et deuxième pièces (20, 22) proches des première et deuxième surfaces de contact (20.1, 22.1), et **en ce que** le courant électrique induit est généré selon une direction approximativement parallèle à la direction des fibres de chaque pli de jonction (38).

2. Procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces (20, 22) en matériau composite selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les fibres de chaque pli de jonction (38) sont orientées selon une direction différente de toutes les directions des fibres des plis de fibres des première et deuxième pièces (20, 22).

3. Procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces (20, 22) en matériau composite selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les fibres d'au moins un des plis de jonction (38) sont imprégnées d'une résine.

4. Procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces (20, 22) en matériau composite selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les fibres des première et deuxième pièces (10, 12) forment avec une direction de référence un angle de l'ordre de 0°, 45°, 90° ou 135° et **en ce que** les fibres de chaque pli de jonction (38) forment un angle avec la direction de référence de l'ordre de 22,5°, 67,5°, 112,5° ou 157,5°.

5. Procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces (20, 22) en matériau composite selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'un** unique pli de jonction (38) est intercalé entre les première et deuxième surfaces de contact (20.1, 22.1) des première et deuxième pièces (20, 22).

6. Procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces (20, 22) en matériau composite selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'un** premier pli de jonction (38) est intercalé entre les première et deuxième surfaces de contact (20.1, 22.1) des première et deuxième pièces (20, 22) et **en ce qu'un** deuxième pli de jonction (38') et/ou un

troisième pli de jonction (38") est/sont positionné(s) au niveau de la première surface de contact (20.1) de la première pièce (20) et/ou de la deuxième surface de contact (22.1) de la deuxième pièce (22).

5

7. Procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces (20, 22) en matériau composite selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'un pli de jonction (38', 38")** est positionné au niveau de la première surface de contact (20.1) de la première pièce (20) et/ou au niveau de la deuxième surface de contact (22.1) de la deuxième pièce (22).
8. Procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces (20, 22) en matériau composite selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au moins un pli de jonction (38, 38', 38")** est positionné juste avant l'étape de génération du courant électrique induit.
9. Procédé d'assemblage par soudage d'au moins deux pièces (20, 22) en matériau composite selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au moins un pli de jonction (38', 38")** positionné au niveau d'une surface de contact (20.1 ou 22.2) est intégré à la pièce (20, 22) avant une étape de consolidation de ladite pièce (20, 22).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

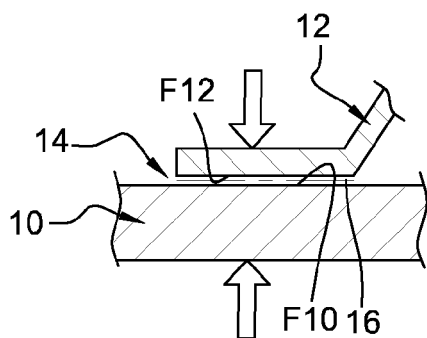


Fig. 1

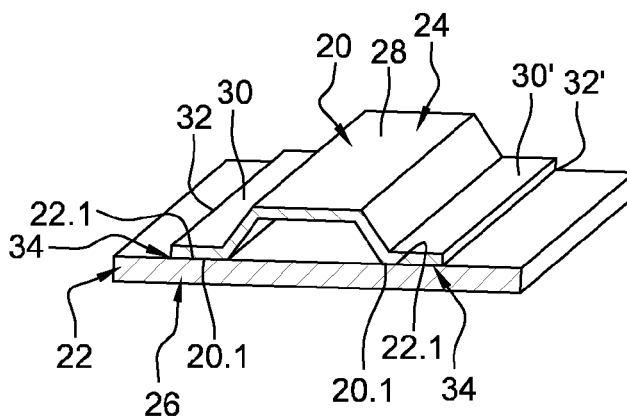


Fig. 2

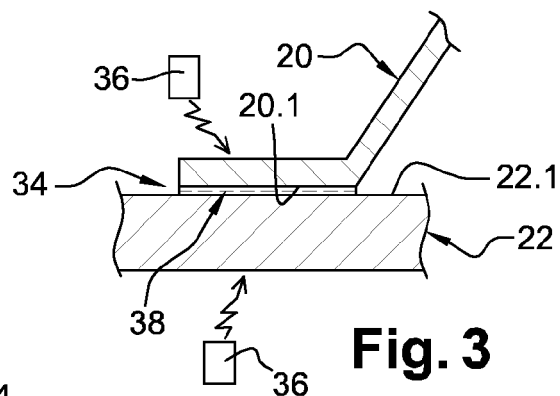


Fig. 3

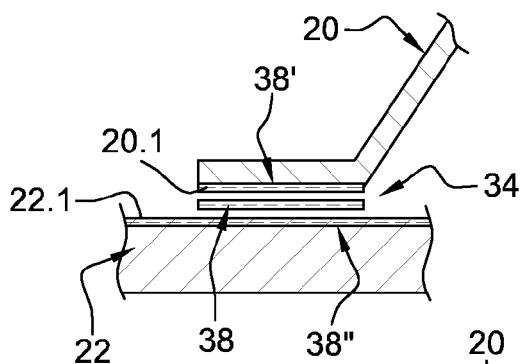


Fig. 4

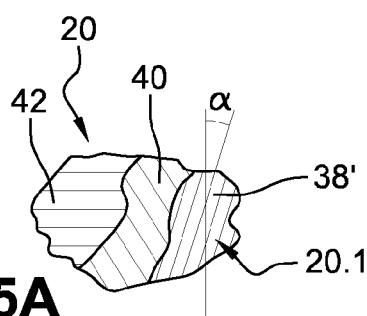


Fig. 5A

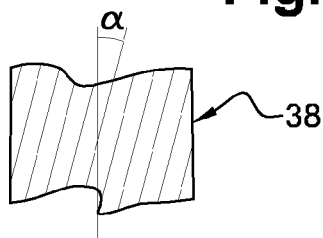


Fig. 5B

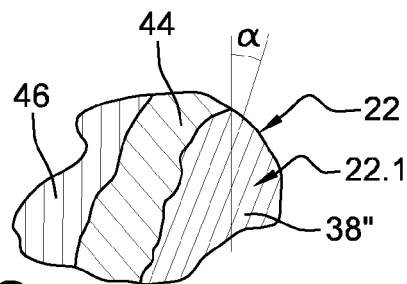


Fig. 5C



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 16 9389

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 2003/062118 A1 (GERHARD JACK K [US] ET AL) 3 avril 2003 (2003-04-03) * alinéa [0033] - alinéa [0046]; revendications 1,10; figures 1-8 *	1-9	INV. B29C65/36
A	US 2011/284691 A1 (WLACH METZECH SABINE [DE] ET AL) 24 novembre 2011 (2011-11-24) * alinéa [0073] - alinéa [0080]; revendications 6-13; figures 1-9 *	1-9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B29C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 7 octobre 2019	Examineur Peña, Alejandro
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 19 16 9389

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

07-10-2019

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003062118 A1	03-04-2003	US 2003062118 A1	03-04-2003
		US 2006013913 A1	19-01-2006
		WO 03026821 A1	03-04-2003

US 2011284691 A1	24-11-2011	DE 102007000862 A1	23-04-2009
		EP 2195155 A2	16-06-2010
		US 2011284691 A1	24-11-2011
		WO 2009047010 A2	16-04-2009

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 2003062118 A [0002]